

Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 07, Juin 2008, pp. 59-77

EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE DES OUEDS FES ET SEBOU UTILISEES EN AGRICULTURE MARAICHERE AU MAROC

DERWICH E.[1], BEZIANE Z.[2], BENAABIDATE L.[3], BELGHYTI D.[4]

[1]Centre Universitaire Régional d'Interface, Fès, Maroc.
elhoussinederwich@yahoo.fr
[2]Faculté des Sciences, Département de Biologie, Fès, Maroc.
[3]Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Fès, Maroc.
[4]Faculté des Sciences, Département de Biologie, Kénitra, Maroc

RESUME

Actuellement, le bassin versant du Sebou au Maroc se trouve menacé par une pollution intensive, vu l'énorme volume des rejets de la ville de Fès. La pollution totale rejetée par la ville de Fès s'élève à 100000 m^3/j; elle atteindra 120000 m^3/j à l'horizon 2015 (*RADEEF*, 2007). L'utilisation agricole des eaux usées de l'oued Fès et Sebou au niveau de la région de Fès est plus intense et vise essentiellement les cultures maraîchères. Cette utilisation s'accompagne de risques sanitaires dont l'évaluation nécessite la connaissance des caractéristiques physico- chimiques et microbiologiques de ces eaux. Les résultats obtenus au cours de cette étude indiquent que la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux utilisées pour l'irrigation des cultures ne répond pas toujours aux critères d'utilisation des eaux usées en agriculture. Toutefois, les stations situées respectivement en amont de la ville de Fès et en amont de la confluence d'Oued Fès et Sebou sont légèrement susceptibles de satisfaire les critères fixés par l'OMS. Par contre, les eaux d'irrigation des stations situées en aval des rejets de la ville de Fès et en aval de la confluence sont polluées sur le plan chimique et bactériologique. Elles se caractérisent par de faibles teneurs en Oxygène, des teneurs élevées en MES, DBO_5, nitrate, K^+, phosphates, et des taux élevés en métaux lourds tels que le Cr, Cu et Ni ainsi que par une présence importante de coliformes et streptocoques fécaux qui dépassent les limites fixées par l'OMS. La protection de ces eaux contre les contaminations diverses est nécessaire et impérative pour que ces eaux servent encore en agriculture.

Mots clés: Eau usées, pollution, Oued Fès, Sebou, Agriculture, physico-chimie, Bactériologie.

ABSTRACT

Currently, Sebou watershed is threatened by an intensive pollution, considering the enormous volume of dismissals issued from the city of Fez. The total pollution rejected by this city rises up to 100.000 m^3/day; it will reach 120.000 m^3/day by 2015 (*RADEEF*, 2007). The agricultural use of Fez stream and Sebou river wastewaters in the area of Fez is more intense and aims primarily the market gardenings. This use may be accompanied with health hazards for which evaluation requires the well knowledge of physicochemical and microbiological characteristics of this water.

Obtained results during this study, indicate that physicochemical and microbiological quality the water used in irrigation, does not fit always with the criteria on conditions of the use of wastewater in agriculture. However, stations located respectively upstream of Fez city and the confluence zone between Fez stream and Sebou river are, slightly susceptible to satisfy the fixed criteria by WHO. Furthermore, irrigation waters of stations located downstream from dismissals of Fez city and downstream from the zone of confluence are highly chemically and bacteriologically polluted, they are characterized by low content in oxygen, large contents in suspended matter, DBO_5, nitrate, K^+, phosphates, and high concentrations in heavy metals such as Cr, Cu and Ni as well as an important presence of fecal coliformes and Streptocoques which exceed the limits fixed by WHO.

The protection of this water against various contaminations is necessary and imperative in order that this water continues to be used in agriculture.

Keywords: Wastewaters, pollution, Fez stream, Sebou River, Agriculture, physicochemistry, bacteriology.

INTRODUCTION

Au Maroc, la question de l’eau est l’un des principaux problèmes de l’environnement, en raison d’une part des conséquences sanitaires et économiques de la pollution de l’eau et de l’insuffisance de l’assainissement et, d’autre part, des pressions exercées sur les ressources du fait de l’accroissement des besoins en eau. Le volume annuel des rejets d'eaux usées a triplé en passant de 148 à 370 millions de m^3 de 1960 à 1990. Ces rejets atteindront 500 millions de m^3 en l’an 2000 et 900 millions de m^3 en l’an 2020 (*Conseil Supérieur de 1'eau et du Climat*, 1994).

Ceci s'explique par l'accroissement de la population urbaine, l'augmentation de l'approvisionnement et de la consommation individuelle en eau potable ainsi qu'à l'utilisation importante d'eau par le secteur industriel.
La ville de Fès est parmi les villes du Maroc en pleine expansion urbaine avec la production d'importants volumes d'eaux usées, constituant une menace pour 1'environnement. Dans cette région, qui connaît un déficit hydrique, la réutilisation des eaux usées en agriculture pourrait couvrir une part importante de ce déficit. Aussi, les petites communes situées le long des oueds Fès et Sebou contribuent de leur côté à la pollution du milieu récepteur par le rejet direct des eaux usées et/ou par la contamination de la nappe par les fosses septiques. Les rejets domestiques de la ville de Fès dans l'oued Sebou à travers l'oued Fès sont de 20.000 m^3/jour, les rejets industriels 2.750.000 équivalent-habitants et les rejets agricoles sont de 6294 T/an d'azote et 1499 T/an de phosphates (*ABHS*, 2003). Devant cette situation précaire de pollution, la réutilisation des eaux polluées est devenue primordiale.
Les caractéristiques des eaux de l'oued Fès et Sebou ont fait l'objet de plusieurs études (*Benaabidate*, 2000; *Azzaoui*, 2002), mais aucune d'entre elles n'a déterminé les propriétés physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux destinées à l'irrigation des cultures maraîchères.
Aussi, l'objectif de notre étude est d'évaluer la qualité des eaux de l'oued Fès et Sebou utilisées dans des cultures maraîchères dans le bassin versant de Sebou, par la détermination des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques.

MATERIELS ET METHODES

Sites de prélèvement

Au niveau du bassin versant, les sorties sur le terrain nous ont permis de caractériser des points d'eau, de connaître le nombre et l'environnement immédiat des différents points d'eau utilisés dans l'irrigation.
Suivant la situation géographique de ces points d'eau, de l'habitat environnant et des sources de pollution probables, nous avons sélectionné, sur l'ensemble du site du bassin versant de Sebou, un nombre représentatif de points sur lesquels les échantillons ont été prélevés (Oued Fès et Sebou).
La carte de la figure 1 illustre la localisation des différentes stations de prélèvements ainsi que les sites de pompage des eaux pour l'irrigation.

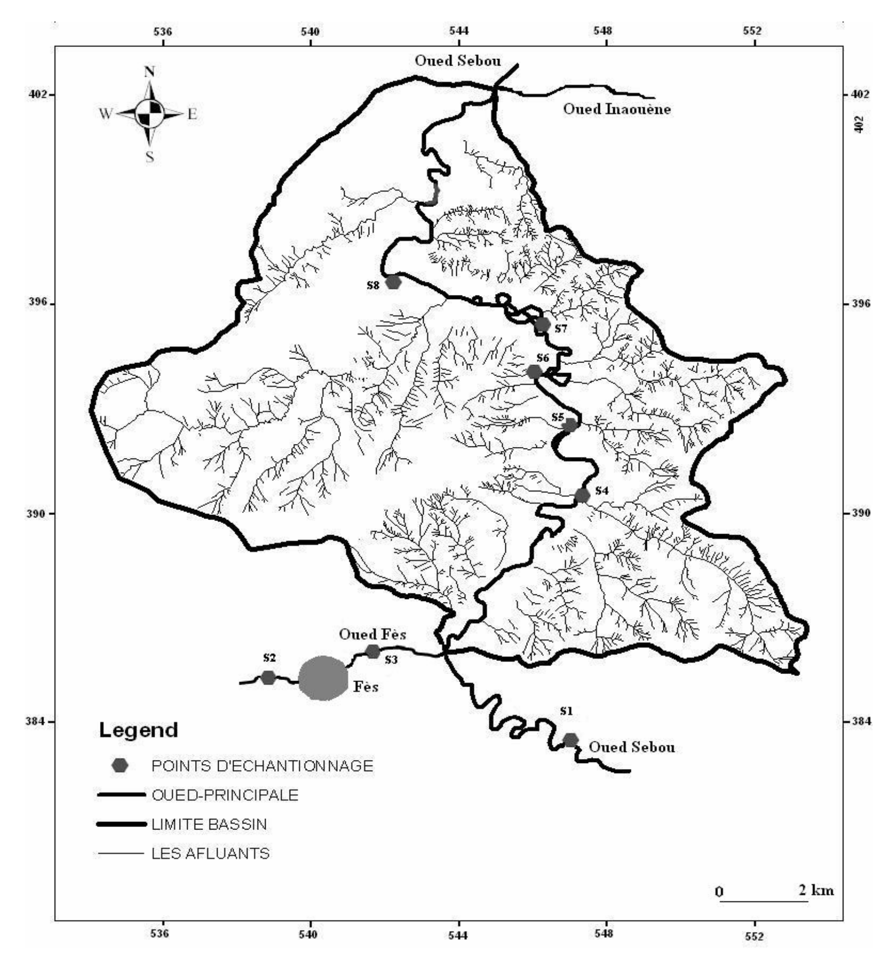


Figure 1: Stations d'échantillonnage S1 à S8.

Prélèvements d'eaux à analyser

Pour chaque point d'eau, nous avons effectué deux prélèvements à raison d'un prélèvement par période. Les prélèvements ont été effectués pendant la période de crues correspondant au mois de Novembre 2006, puis au cours de la période d'étiage correspondant à la saison sèche de Juillet 2007.
Les échantillons d'eau destinés aux analyses physico-chimiques ont été prélevés selon le protocole suivant :

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons en PVC d'une capacité de 02 litres. Avant le prélèvement, les flacons ont été soigneusement nettoyés et rincés avec de l'eau distillée. Au moment du prélèvement in-situ, les flacons préalablement lavés ont été rincés trois fois avec l'eau à prélever. Le

prélèvement de nos échantillons a été effectué manuellement sur des points de prélèvement fixes.
Pendant le prélèvement, le flacon tenu à l'aide d'une main est plongé jusqu'à 20 cm de profondeur, goulot dirigé à contre-courant, selon les recommandations de *Rodier* (1984). Le flacon rempli d'eau est retiré du plan d'eau et fermé hermétiquement.
Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière contenant de la glace et transportés ensuite au laboratoire.

Les échantillons d'eau destinés aux analyses bactériologiques ont été prélevés selon le protocole décrit ci-dessous.

Les prélèvements ont été effectués à l'aide de flacons en verre borosilicaté, lavés soigneusement avec de l'eau distillée. Les flacons nettoyés et rincés ont été stérilisés dans un autoclave à 120°C et soumis à une pression de 120 kg/cm^2 pendant 30 minutes.

Analyses effectuées in-situ

Les paramètres physico-chimiques effectués in-situ sont : le pH, la conductivité électrique (C.E.), la charge totale dissoute (TDS) et la température.
Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre, tandis que la conductivité électrique et la température ont été mesurées à l'aide d'un conductimètre. Toutes ces analyses ont été effectuées in-situ après prélèvement de l'échantillon placé dans un bêcher de 1000 ml.

Analyses effectuées au laboratoire

Les analyses effectuées sur les eaux d'irrigation sont essentiellement basées sur les composants physico-chimiques et bactériologiques, caractéristiques de la pollution.
Huit points d'eau, les plus fréquentés du site, ont été retenus pour les analyses physico-chimiques et bactériologiques. Il s'agit des points situés en amont et en aval de la confluence d'oued Fès et Sebou et c'est à ces niveaux que sont placées les pompes de récupération des eaux destinées à l'irrigation.

Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés selon les méthodes chimiques classiques et instrumentales.
Nous avons ainsi eu recours à la colorimétrie pour doser les éléments majeurs (NH_4^+, O_2 dissous, NO_2^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, Cl_2).

Pour chaque dosage colorimétrique, un volume d'eau de 20 ml a été mélangé dans une cellule avec le réactif (gélule) HACH approprié. L'ensemble est agité et ensuite laissé au repos pendant un temps déterminé pour obtenir le développement de la coloration attendue. La cellule a été alors placée dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde de mesure pour déterminer directement la teneur du paramètre concerné.
La quantification des métaux lourds Pb, Cd, Cr, Zn, Ni et Cu ainsi que certains éléments majeurs tels que Na^+, K^+, Ca^{2+}et Mg^{2+} a été effectuée à l'aide de la spectrométrie d'émission atomique couplée à un plasma induit (ICP-AES, Model JOVAN YVAN).

Les paramètres Bactériologiques

Les paramètres bactériologiques déterminés sont les coliformes fécaux (CF) et les streptocoques fécaux (SF).
Pour les CF et les SF, nous avons procédé aux tests de présomption et au dénombrement. Les tests de présomption et de dénombrement ont été effectués par la méthode de nombre le plus probable (NPP). Ce nombre se détermine en mettant en culture un certain nombre d'échantillons et/ou de dilution de ces échantillons, tandis que l'estimation est basée sur le principe de la dilution jusqu'à extinction. On examine alors le nombre de tubes positifs et on déduit, à partir de tables, le nombre le plus probable dans 1ml, que l'on ramène généralement à 100 ml d'échantillon (*Ayres* et *Mara*, 1997; *Tanawa* et *Djeuda*, 1998).
Les CF sont déterminés et dénombrés après culture dans le bouillon au Vert brillant bile. L'incubation est faite à 35°C pendant 24 heures. Le test de confirmation est positif s'il se forme du gaz dans le tube *Durham*.
Les SF ont été identifiés et dénombrés après dilution et culture sur milieu Azide Dextrose Broth. L'incubation a été faite dans une étuve à 42°C, pendant 24 heures dans des tubes à essai contenant un tube *Durham*. L'apparition d'un trouble constitue une présomption de présence des SF.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'irrigation

Les résultats détaillés des analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation de l'oued Fès et Sebou utilisées dans le bassin versant d'oued Sebou sont illustrés par les figures 2 à 5.

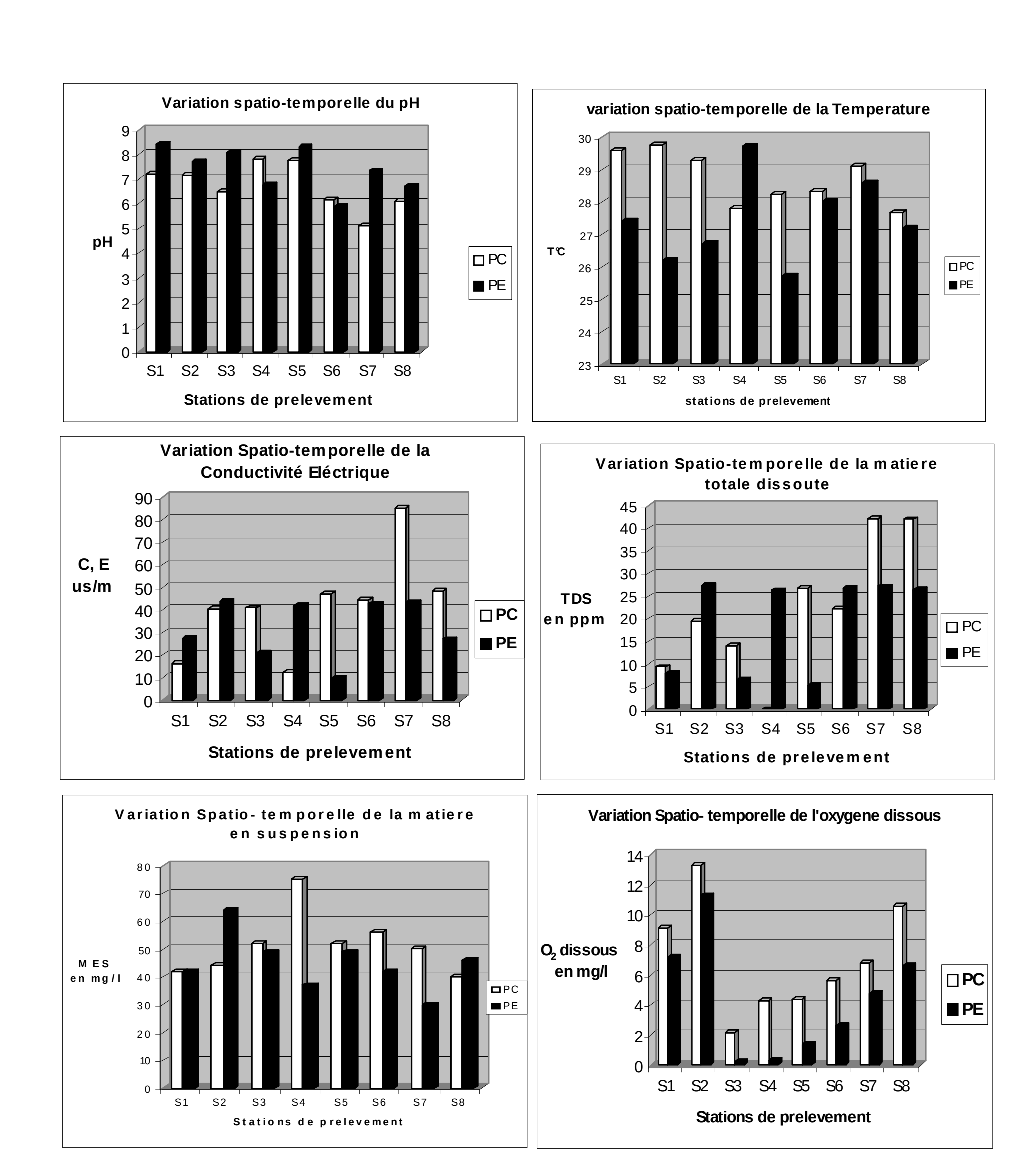
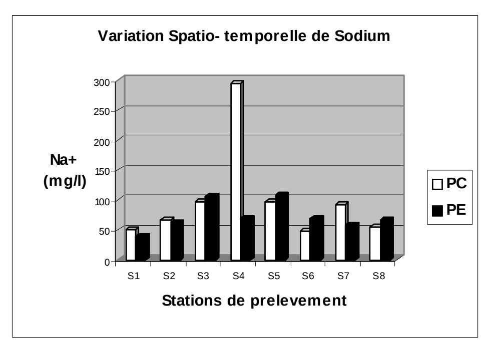
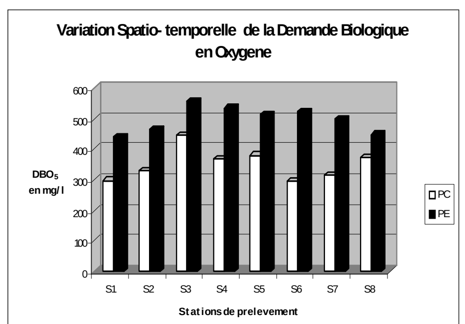
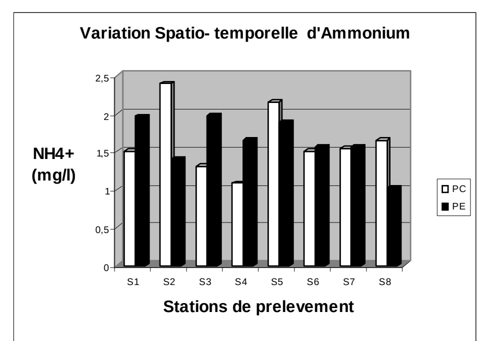
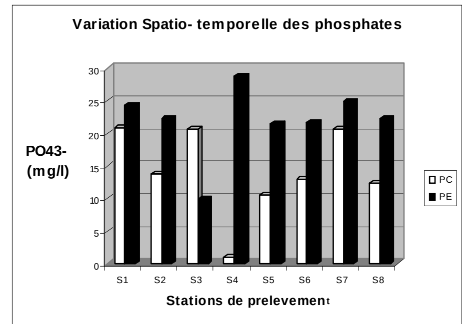


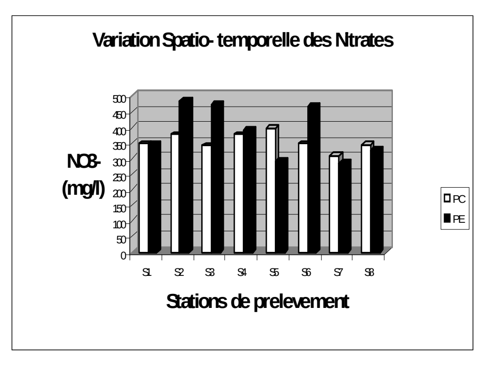
Figure 2 : Variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'irrigation des oueds Fès et Sebou en périodes de crue (PC) et d'étiage (PE).











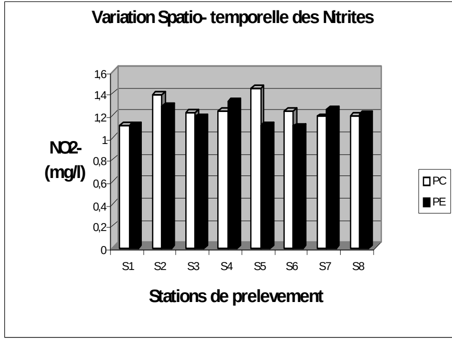


Figure 3: Variation des teneurs de la DBO_5 et des éléments fertilisants majeurs

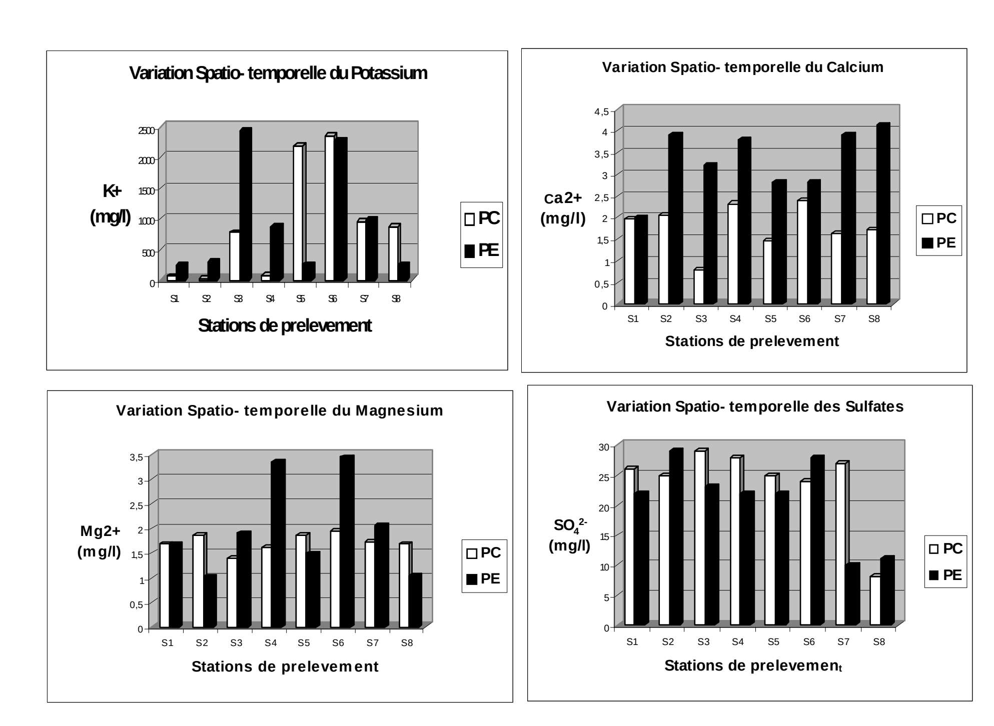


Figure 4: Variation des teneurs des éléments fertilisants mineurs

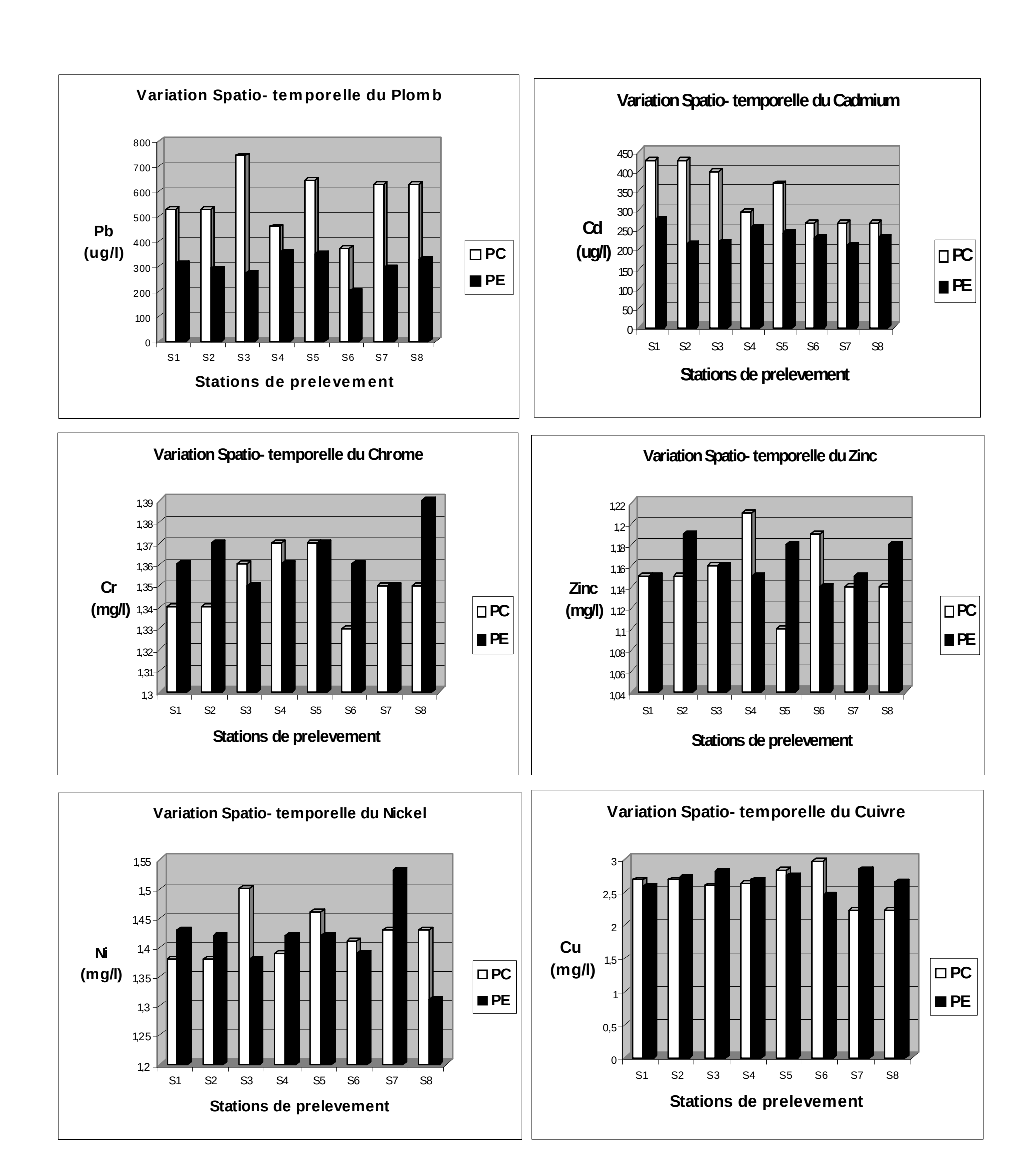


Figure 5 : Variation des teneurs en métaux lourds des eaux d'irrigation d'Oued Fès et Sebou en périodes de crues (PC) et d'étiage (PE)

Le pH, la Conductivité électrique et le taux de salinité

L'analyse des résultats obtenus indique que dans la plupart des cas, les eaux étudiées répondent aux critères en vigueur. Pour le pH, les eaux des stations S6, S7 et S8 s'écartent, pour quelques cas, des normes fixées par l'OMS.

La température des eaux analysées se situe entre 27,68°C et 29,76°C en saison de crues et entre 26,70°C à 29,71°C en saison d'étiage. Les températures sont légèrement plus faibles en saison sèche comparée celles qui règnent en saison de pluie. De même, ces valeurs de température sont inférieures à 35°C, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux usées destinées à l'irrigation des cultures (*CNS*, 1994).

Les eaux d'irrigation analysées sont, dans la plupart des cas, peu acides et donc très peu agressives. Elles sont localisées dans la zone optimale pour la reproduction de la plupart des espèces aquatiques (*Nisbet* et *Verneaux*, 1970; *Arrignon*, 1991). Les faibles valeurs de pH enregistrées suggèrent que les eaux traversent des sols pauvres en calcaires; ce sont des sols siliceux. L'acidité de l'eau peut être due au dioxyde de carbone dissout provenant soit de l'atmosphère, soit des réactions métaboliques des microorganismes et des matières organiques contenues dans ces eaux (*Klein*, 1973). La plupart des échantillons d'eaux analysées tendent vers la neutralité en saison d'étiage.

Les faibles valeurs de la conductivité indiquent que ces eaux sont très faiblement minéralisées. Les teneurs obtenues sont comparables à celles trouvées à Yaoundé (Cameroun) par *Endamana* et *al.* (2003). Par contre, elles sont inférieures à celles rencontrées dans les eaux usées de Valencia (Espagne) (*Bes-Pia* et *al.*, 2002). Le taux de salinité (TDS) révèle des valeurs qui répondent aux exigences de qualité pour les eaux destinées à l'irrigation, restant inférieur à la valeur limite de 450 mg/l (*FAO*, 2003).

Oxygène dissous

L'oxygène est un facteur essentiel à la vie aquatique, en particulier aux organismes assurant l'autoépuration des rivières, ce qui fait de cet élément un bon indicateur de pollution d'un cours d'eau et du suivi de son autoépuration. La teneur en oxygène déterminée pour les deux saisons considérées se situe entre 0,21 mg/l et 13,31mg/l pour tous les échantillons d'eaux analysées au cours cette étude (Figure 2). Ces valeurs se situent pratiquement dans le même domaine. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées en saison de crues pour les eaux de l'oued Fès et Sebou. Les valeurs obtenues en aval de l'oued Fès et en aval du point de confluence sont plus faibles, du fait que ces eaux sont trop polluées par les rejets de la ville de Fès.

Matières en suspension

La présence d'énormes quantités de matières en suspension (MES) entraîne leur sédimentation sur les planches, ayant pour effet le colmatage des sols empêchant ainsi la respiration normale des cultures. Les résultats obtenus montrent que les valeurs les plus élevées sont obtenues pour les eaux de l'oued Fès (64 mg/l) en saison d'étiage et Sebou (75 mg/l) en saison de crue (Figure 2). Les teneurs en matières en suspension déterminées pour toutes ces eaux sont inférieures à celles des eaux des pays industrialisées (*Mergaert* et *al.*, 1992).
A la lumière des résultats obtenus sur les MES, il ressort que les eaux étudiées sont polluées, mais que cette pollution reste sans risque vis-à-vis du colmatage des sols irrigués.
Les matières en suspension influent sur le milieu aquatique. Leur action directe sur les poissons se manifeste par différents phénomènes tels que l'épaississement des cellules épithéliales des branchies, l'effet nuisible sur les œufs avec une réduction de la productivité, la modification du mouvement du poisson. Les MES entraînent aussi la réduction de la biomasse ordinairement produite par le milieu aquatique (*Rodier*, 1984; *Nisbet* et *Verneaux*, 1970).

Alcalinité totale (TAC) et teneur en sodium

L'alcalinité varie sensiblement en fonction des mois pour chaque échantillon, mais la variation saisonnière n'est pas appréciable. La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité à l'eau dépendent, dans une grande mesure, des types d'ions échangeables contenus dans l'eau d'irrigation. La teneur élevée en sodium (> 0,069 mg/l) déterminée pour l'ensemble de nos échantillons (Figure 3) indique une concentration élevée en sodium. Celle-ci, lorsqu'elle est contenue dans l'eau d'irrigation, est susceptible d'entraîner une augmentation de l'alcalinité du sol, de réduire sa perméabilité, particulièrement en surface, malgré un lessivage éventuel (*FAO*, 2003). La réduction de la perméabilité du sol est due à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en sodium échangeable augmente.

Demande Biologique en oxygène (DBO_5)

Les eaux d'irrigation de l'oued Fès et Sebou sont riches en matières organiques. Leurs valeurs s'étalent de 295 mg/l à 555 mg/l pour tous nos échantillons, aussi bien pour la saison des crues que pour la saison d'étiage (Figure 3). Les variations observées pour tous les échantillons sont importantes et suggèrent une modification remarquable de l'activité maraîchère en fonction des mois.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une forte pollution de ces eaux par les matières organiques. Cette pollution organique est plus importante en saison sèche, comparée à la saison de pluie. Le lessivage de la fumure organique et la forte utilisation des eaux usées et industrielles de la ville de Fès sur le site sont à la base de la forte pollution organique observée.
Pour des eaux utilisées en irrigation, la présence de concentrations élevées en matières organiques constitue un apport important d'éléments structurants pour le sol lors de l'irrigation.

Eléments fertilisants majeurs

Les eaux usées peuvent apporter les éléments fertilisants majeurs et contribuer de cette manière à la fertilisation du sol. Il est cependant nécessaire de signaler qu'un excès des macronutriments peut causer des dommages à l'environnement. La connaissance de la teneur de ces éléments dans les eaux usées utilisées est importante parce qu'elle permet en outre de faire une utilisation raisonnée de la ressource.
Dans cette étude, nous avons déterminé les teneurs de $N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$, PO_4^{3-} et K^+. Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 3. L'analyse de ces résultats montre de très fortes concentrations en nitrates et potassium, des concentrations faibles en phosphates et des teneurs très faibles en azote ammoniacal ou nitrite. Ces résultats suggèrent que l'utilisation des eaux d'irrigation d'oued Fès et Sebou apporte déjà d'importantes quantités de macronutriments, notamment l'azote et le potassium. Les concentrations en nitrates et en potassium de l'ensemble de ces eaux varient de manière très importante.
L'origine des quantités importantes des nitrates et potassium résulte principalement de l'application des engrais chimiques lors de la fertilisation.
Les faibles teneurs obtenues en NH_4^+ et NO_2^- montrent que ces particules proviennent principalement du métabolisme. En effet, en présence des micro-organismes, l'azote organique contenu dans les matières organiques est oxydé en NH_4^+. La nitrification convertit le NH_4^+ en NO_3^- en passant par le NO_2. Cette biotransformation s'effectue en deux étapes, en présence de *Nitrosomas* et de *Nitrobacter* respectivement. En effet, le nitrate formé peut subir la dénitrification par réduction, essentiellement en N_2O. La dénitrification est assurée par *Pseudomas*, *Achronobacter*, *Bacillus* et *Micrococcus*. Les germes dénitifiants sont les hétérotrophes (*Campbell*, 1995).
La présence de NH_4^+ dans une eau est une indication d'une pollution organique par les micro-organismes, notamment une pollution d'origine fécale; celle résultant des nitrites traduit un état critique de pollution organique. Les résultats obtenus sur le NH_4^+ et NO_2^- (Figure 3) montrent une faible diminution de teneurs en ces composants lorsqu'on passe de la saison sèche à la saison de

pluie. Cette diminution est due d'une part à la dilution par les eaux de pluie et d'autre part à une régression de l'activité microbienne.
Les eaux de la station S1 et S2 présentent des teneurs faibles en potassium (maximum 62mg/g en SP et 24.38 mg/g en SS).
Les autres échantillons dépassent largement 250 mg/1 de potassium, dans la plupart des cas. Les échantillons de la station S1 ne présentent pas de différences notables par rapport à ceux de la station S2, vis-à-vis des concentrations en nitrate et en potassium. La contamination en nitrates peut provenir de l'infiltration due à la grande mobilité des nitrates. Plusieurs maraîchers consomment cette eau et sont donc exposés à des risques d'intoxication aux nitrates.

Eléments fertilisants mineurs

Le calcium, le magnésium, le soufre et le sodium constituent les éléments fertilisants nécessaires aux cultures. L'eau d'irrigation peut aussi apporter ces éléments en quantités importantes. Nous avons déterminé la concentration en ces éléments dans les eaux d'irrigation utilisées.
Les résultats obtenus et illustrés par la figure 4 indiquent, pour les deux saisons considérées, de faibles quantités en calcium, en magnésium et en chlore (0,79 à 4,13 mg/l pour le calcium, 1,02 à 3,44 mg/l pour le magnésium et 1,24 à 2,17 mg/l). Les concentrations en magnésium semblent être relativement plus faibles en saison de pluie comparativement à la saison sèche. Les valeurs de Ca^{2+} et Mg^{2+} obtenues montrent qu'il s'agit d'eaux moins calcaires. Le calcium et le magnésium présents dépendent essentiellement de la nature des terrains traversés. Les résultats obtenus indiquent que les sols traversés par les eaux d'irrigation au niveau du bassin versant de Sebou sont des sols pauvres en calcium et magnésium.
La dureté totale représente la quantité de sels de calcium et de magnésium contenue dans une eau. Ces sels peuvent être essentiellement sous forme de carbonates, de nitrates ou de sulfates. Les valeurs du TAC déterminées montrent l'absence de carbonates pour ces eaux d'irrigation. Les eaux analysées sont moins chargées en sulfates et présentent des teneurs inférieures à 250 mg/l. Généralement, on admet qu'une teneur inférieure à 250 mg/l de sulfates n'est pas caractéristique d'une pollution. La valeur guide pour les sulfates est même très élevée, soit 250 mg/l (*OMS*, 2000).

Métaux lourds

Plusieurs métaux lourds peuvent être présents dans les eaux usées utilisées en irrigation. Dans notre étude, on se limite à la détermination de six éléments

présents dans les eaux irrigation d'oued Fès et Sebou, à savoir : Pb, Cr, Cd, Ni, Cu et Zn (Figure 5).

Selon les résultats obtenus, on observe des variations importantes pour le Pb, le Cd et le Zn, et des variations faibles pour le Ni et très faibles pour le Cu. Ces résultats montrent aussi que les concentrations en Pb et Cd dans les eaux d'irrigation sont nettement plus élevées en saison de pluie qu'en saison sèche. Le lessivage des sols cultivés et/ou de la roche mère peut être à l'origine de ce phénomène. Les teneurs en Cr, Zn, Ni et Cu varient de façon non perceptible en passant d'une saison à l'autre.

Les teneurs en Pb obtenues pour l'ensemble des stations d'eau sont inférieures à 5 mg/l, valeur maximale autorisée pour une utilisation à long terme des eaux d'irrigation (*FAO*, 2003). Les teneurs en Cd sont dans la plupart des cas inferieures à la valeur autorisée par la FAO (0,01mg/)l. Les concentrations en Zn sont d'une manière générale inférieure à 2 mg/l pour la majorité des échantillons étudiés au cours de ce travail et sont donc conformes aux normes exigées pour une utilisation en agriculture. Celles du nickel sont quelque peu supérieures à la valeur fixée à 0,2 mg/l. Les teneurs en cuivre et en Chrome dans ces échantillons d'eau sont largement supérieures à la valeur fixée par la FAO, respectivement 0,2 mg/l et 0,1 mg/l, et ne sont guère favorables à l'irrigation.

L'analyse des résultats suggère qu'une partie importante de ces métaux lourds peut provenir des intrants utilisés (engrais chimiques, insecticides ou fongicides). Un contrôle des fertilisants et pesticides importés et destinés à l'agriculture s'avère nécessaire. Une certaine partie de ces métaux peut provenir de rejets et de la décharge de la ville de Fès.

Remarquons toutefois que les écarts entre les résultats obtenus et les normes à usage agricole ne sont pas suffisamment importants pour s'en inquiéter. Il est toutefois recommandé une vigilance accrue sur la composition en métaux lourds des eaux utilisées en irrigation au niveau du bassin versant d'oued Sebou. La protection des sources de ces eaux constitue une action impérative pour la protection de cette ressource. L'utilisation des engrais chimiques et des pesticides doit également être raisonnée.

Les teneurs obtenues en Nickel, en Chrome et en Cuivre rendent ces eaux impropres à l'alimentation du bétail. En effet, les concentrations déterminées pour ces éléments sont supérieures à celles des directives établies (*FAO*, 2003). En outre, il est inadmissible de destiner ces eaux à la consommation humaine et même à celle du bétail, compte tenu des fortes teneurs en nitrates obtenues (valeurs limite NO_3-N + NO_2-N = 100 mg/l) (*FAO*, 2003).

Qualité bactériologique des eaux d'irrigation

L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation peut être à l'origine de la contamination des légumes, des agriculteurs ou des consommateurs (*Mara* et *Cairncross*, 1991; *Mara*, 1997; *Niang*, 1996).

Pour évaluer ce risque, nous avons recherché dans les eaux d'irrigation de l'oued Fès et Sebou, utilisées en maraîchage au niveau du bassin versant d'oued Sebou, les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1: Qualité bactériologique des eaux d'irrigation des eaux de l'oued Fès et Sebou.
CF: Coliformes fécaux; **SF**: Streptocoques fécaux;
NPP : Nombre le plus probable

STATIONS	NPP/100ml	
	CF	SF
S1	100- 200	900- 990
S2	600- 800	200- 300
S3	6000- 10000	6000- 9000
S4	7900- 8670	1600- 3000
S5	5000- 6000	7000- 8000
S6	5640- 8000	6000- 9000
S7	5000- 7000	1200- 8000
S8	450- 500	100- 400

A la lumière de ces résultats, il ressort que, dans la majorité des cas, ces points d'eaux sont contaminés par les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.
La présence des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux dans ces eaux indiquent une pollution d'origine fécale. Ces bactéries sont communément utilisées pour identifier une pollution d'origine fécale (*Rodier*, 1984). Leur prolifération est due au déversement des matières organiques et des substances nutritives azotées de la ville de Fès.
Les critères d'*Engelberg* (*Mara* et *Cairncross*, 1991) donnent les recommandations pour les eaux destinées à une utilisation sans risque en agriculture. Tous les points d'eau étudiés au cours de ce travail ne répondent pas à ces exigences, ou du moins dans la plupart des cas.
Les eaux des stations situées en amont des rejets de la ville de Fès répondent partiellement à ces critères, par contre, les eaux des autres stations situées en aval de la ville de Fès et de la confluence d'oued Fès et Sebou sont les plus polluées vis-à-vis de la qualité microbiologique.
La présence dans ces eaux de ces bactéries indicatrices de pollution permet d'envisager les affections d'origine bactérienne à *Escherichia coli entérotoxique* (gastro-entérites), *Salmonella dysenteriae* (Dysenterie bactérienne), etc... Les agriculteurs du bassin versant d'oued Sebou sont donc exposés aux affections d'origine bactérienne.
Les résultats bactériologiques obtenus justifient la fréquence des maladies hydriques auprès du maraîchage de ce bassin versant. Les acheteurs de ces légumes sont aussi exposés au risque de contamination microbienne, de même

pour les consommateurs de légumes crus. Un code de bonnes pratiques agricoles est toutefois plus essentiel pour les agriculteurs que les directives de qualité de réutilisation des eaux usées (*FAO*, 2003).

CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons déterminé les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées d'oued Fès et Sebou utilisées en agriculture, en vue d'évaluer les impacts sur l'environnement et les risques sanitaires.

Les résultats obtenus indiquent qu'aussi bien la qualité physico-chimique que microbiologique des eaux utilisées pour l'irrigation des cultures ne répondent pas toujours aux critères en vigueur. Les eaux d'irrigation des stations situées en aval de la ville de Fès et en aval de la confluence sont polluées sur le plan chimique et bactériologique. En effet, elles se caractérisent par de faibles teneures en Oxygène, par des valeurs élevées en DBO_5, en Nitrates, en Sulfates et en potassium et révèlent aussi des taux élevés en métaux lourds notamment le Cr, le Cu et le Ni ainsi qu'une présence importante en coliformes fécaux et Streptocoques fécaux. La protection de ces eaux contre les contaminations diverses est nécessaire et impérative pour que ces eaux servent encore en agriculture sans risque de contamination.

La limitation à certaines cultures est également une solution alternative pour soutenir l'utilisation de ces eaux pour l'irrigation. A moyen terme, il est nécessaire d'envisager le traitement des eaux usées très polluées sur le plan bactériologique au niveau de l'oued Fès avant leur utilisation dans l'agriculture.

REFERENCES BBLIOGRAPHIQUES

A.B.H.S. (2003). Les ressources en eau dans le bassin du Sebou, Bilan 2000-2001, Agence du Bassin Hydraulique de Sebou, Fès, Maroc.

AZZAOUI S. (2002). Cuivre, Plomb et Manganèse dans le bassin versant du Sebou, Sources d'apport et impact sur la qualité des eaux de surface, 37(4), 733- 784.

ARRIGNON J. (1991). Aménagement piscicole des eaux douces, 4ème Edition, Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.

AYRES R.M., MARA D. (1997). Analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture, OMS., Genève, Suisse.

BENAABIDATE L. (2000). Caractérisation du bassin versant de Sebou, Hydrologie, Qualité des eaux et Géochimie des sources thermales, Thèse en Hydrologie à FST- sais, 250p.

BES-PIA A., MENDIZA-ROCA J., ALCIANA-MIRANDA A., IBORRA-CLAR A., IBORRA-CLAR M., (2002). Reuse of wastewater of the textile

industry after its treatment with a combination of physico-chemical treatment and membrane technologies, Desalination, 149, 169-174.

CONSEIL SUPERIEUR DE 1'EAU ET DU CLIMAT (1994). Réutilisation des eaux usées en agriculture, CSEC, Rabat, Maroc.

COMITE NORMES ET STANDARDS (1994). Ministère de l'environnement du Maroc.

ENDAMANA D., KENGNE M., GOCKOWSKI J., NYA J., WANDJI D.,
NYEMECK J., SOUA N., BAKWOW J. (2003). Wastewater reuse for urban and periurban agriculture in Yaounde (Cameroon) : opportunities and constraints, International Symposium on water, Poverty and Productive uses of water at the Household Level, Muldersdrift, South Africa.

FAO (2003). Irrigation avec des eaux usées traitées, manuel d'utilisation.

KLEIN L. (1973). River pollution, chemical analysis, 6th Ed., London, Sciences Direct-Environnement International, London.

MARA D., CAIRNCROSS S. (1991). Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excréta en agriculture et aquaculture, OMS–PNUE, Genève, Suisse.

MERGAERT K., VANDERHAEGEN B., VERSTRAETE W. (1992). Applicability and trends of anaerobic pre-treatment of municipal wastewater, Wat. Res., 26(8), 1025-1033.

NIANG J. (1996). Gestion des déchets urbains, l'utilisation des eaux usées brutes dans l'agriculture urbaine au Sénégal : bilan et perspectives, www.idrc.ca / cfp.

NISBET M., VERNEAUX J. (1970). Composants chimiques des eaux courantes, Discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques, Annales de limnologie, 6(2), 161-190.

NORMES ISO-ENVIRONNEMENT-QUALITE DE L'EAU. (1994). Tome 2, méthodes chimiques, 1ère Edition, Sciences de l'Environnement, Rabat, Maroc.

O.M.S. (1971). Réduction, traitement et élimination des déchets solides, Rapport d'un comité d'experts de l'O.M.S, Genève, Suisse.

O.M.S. (1986). Directive de qualité pour l'eau de boisson, vol. 3, Contrôle de la qualité de l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites collectivités, Genève, Suisse.

O.M.S. (2000). Directives de qualité pour l'eau de boisson, 2ème Edition, Vol. 2, Genève, Suisse.

R.A.D.E.E.F. (2007). Gérer le réseau d'assainissement de la ville de Fès, Fès, Maroc.

RODIER J. (1984). L'analyse de l'eau, 7ème Edition, Ed. Dunod, Paris.

SUBRAMANIAN V., DAS B.K. (1994). Nature and transport of solute load in the Cauvery River Basin, India, Wat. Res., 28(7), 1585-1593.

SCOTT C., FARUQUI, N.I., RASCHID L. (2004). L'utilisation des eaux usées dans l'agriculture irriguée : faire face aux moyens d'existence et aux réalités environnementales, New Scientist.

TANAWA E., DJEUDA TCHAPANGA H.B. (1998). Gestion de l'eau et protection de la ressource, ENSP, Cameroun, Yaoundé, Rapport final, 182p, Yaoundé, Cameroun.